

設計潮位

潮位是受天文潮、氣象潮、暴潮、海嘯、副振動(盪漾)等引起的波動。暴潮與海嘯是偶發現象，一般認知二者不會同時發生。副振動誘發原因主要是長週期水面振動及暴潮海嘯，但是通常不考量暴潮、海嘯引起的副振動或靜振。

設計用計畫潮位通常採用會對結構物造成最危險狀態的潮位。設計潮位依結構物目的決定，對相同目的的結構物但因設計計算目的不同而會有差異。

近年來，因地球暖化引起海面上昇，目前尚無明確見解，設計時定量預估有困難度，一般以加高進行維護。長年供使用的橋樑淨高、填海地排水口等，完工後修改極為困難，設計時應預估海面上昇量，預先墊高。

(1) 天文潮

因太陽與月球的萬有引力引起的潮汐稱為天文潮。估算設計用潮位，必須有下列4個水位。下圖是基準水面與各潮位間的關係圖。



① 平均水面(Mean Water Level, MWL 或 Mean Sea Level, MSL)

某特定期間海面平均高度稱為該特定期間的平均水面，通常取 1 年的潮位平均之。

② 基準水面(Chart Datum Level, CDL)

用於表示海圖水深的基準面稱為基準水面。基準水面在從平均水面下主要 4 分潮(M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1)的半潮差的和處，約與該處的朔望平均低潮位一致。

③ 朔望平均高潮位 HWL(mean monthly Highest Water Level)

將每月朔(新月)、望(滿月)前 2 天至後 4 天間的最高高潮位加以平均者。

④ 朔望平均低潮位 LWL(mean monthly Lowest Water Level)

將每月朔、望前 2 天至後 4 天間的最低低潮位加以平均者。

實用上依 1 年以上潮位記錄分析求得。

(2) 氣象潮

實際潮位變動主要依天文潮、氣象潮、副振動，其他尚有海流、海水溫度、季節性氣壓變動、河川水位、沿岸波浪等影響引起變動，將之加總為實際潮位變動。

高(低)氣壓通過引起氣壓變動或風等氣象起因的海面水位變化稱為氣象潮(meteorological tide)或偏差(anomaly)。颱風通過引起異常潮位稱為暴潮(storm surge)，其成因為風吹送或氣壓降低致使水面上升，以長波形式傳播，會誘發副振動(secondary undulation)或靜振(seiche)。

推估暴潮至少需有 30 年以上的觀測記錄為宜，缺乏觀測記錄時可由氣象條件利用數值解析估算、參考過去暴潮災害報告、古文獻等，盡可能對長時期的暴潮加以檢討分析。

(3) 海嘯

海底火山爆發或海底地震發生引起海水或湖水產生非常大的波動，稱為海嘯，國際學術語則稱為 Tsunami(津波)。海嘯規模表示方法，與地震表示方法一樣，地震規模階級係以 M 表示，海嘯以 m 表示。依據以往學者研究結果，海

嘯規模階級與地震規模間有下列關係

$$m = 2.6M - 18.4$$

由上式可知， M 在 6 以下，會發生 $m = -1$ 級的海嘯，不會有災害發生。一般可能發生海嘯的地震，規模大致在 $M = 6.5$ 左右。可能會產生災害的海嘯，地震規模約在 $M = 7.0$ 以上。

海嘯發生與震源深度有很大關係，通常地震發生在地表下 80 公尺以下時，不會形成海嘯。發生 $m > -1$ 級的海嘯時，地震規模 M 與震源深度 d 間有下列關係

$$M = 6.3 + 0.01d$$

對 $m \geq 2$ 的海嘯，發生地震的最小規模 M 與 d 間的關係為

$$M = 7.75 + 0.008d$$

因此在水深淺處，比 $M = 6.3$ 小的海底地震發生時，通常不會發生海嘯，可能造成危險的海嘯，地震規模大致在 $M = 7.75$ 以上。

海嘯係因水面受衝擊或海底地殼變動引起，在波源形成的波會向四周傳播，除波源近旁外，海嘯主要部分以長波的波速 \sqrt{gh} 進行，通過大洋，受大陸棚等海底地形影響到達沿岸。在沿岸附近，受峽或海溝等影響亦會產生很大變形。

由於海嘯以長波速度傳播，因此可繪出海嘯折射圖，由每個測得海嘯的潮位記錄觀測站為起點，逆向波源，繪出折射圖。找出地震發生後海嘯到達該點所需時間、波的所在位置，求其波峰線，將所有曲線連接，可得橢圓形曲線，此為海嘯發生的波源區。

海嘯到達大陸棚或海岸，大部分能量會受反射、折射及繞射等影響，誘發出特殊振動，其中主要者為陸棚盪漾 (shelf seiche) 及陸棚波 (edge wave, shelf wave)。陸棚盪漾 (靜振) 為垂直於海岸方向的自然振動，海嘯垂直於海岸入射，到達大陸棚，在海岸與大陸棚間重複反射，致使反射率大於某程度時會產生大陸棚盪漾。大陸棚寬為 ℓ 、水深為 h 時，大陸棚盪漾的自然振動週期 T 為

$$T = 4\ell / \sqrt{gh}$$

大陸棚波為邊緣波，平行於海岸線傳播，是屬分散性的波，隨著遠離波源，波高以指數函數漸減，因此只有當波源發生大陸棚附近時，才会有明顯的陸棚波產生。陸棚波波形的包絡線與吊鐘形極為相似，可利用為判別有無陸棚波形成。

海嘯進入灣內，由於水深及灣寬度等影響，波高逐漸變高。水深 h_1 、灣寬為 b_1 處的波高為 H_1 、水深 h_2 、灣寬 b_2 處的波高為 H_2 時，兩者間有下列關係存在

$$\frac{H_2}{H_1} = \left\{ \frac{h_1}{h_2} \right\}^{1/4} \left\{ \frac{b_1}{b_2} \right\}^{1/2}$$

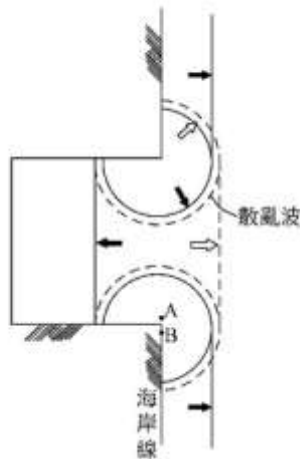
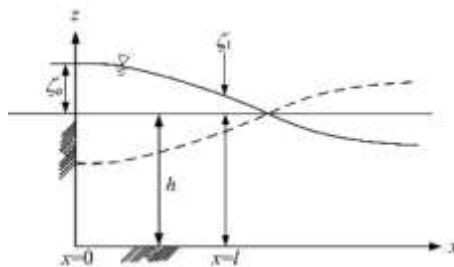
上式稱為 Green 法則，是計算灣內海嘯波高變化的近似式。

推估以往最大海嘯波高時，盡可能依據長時期觀測值及淹水記錄、並參考古文獻等。

(4) 副振動(盪漾)

在港內會形成週期數 10 秒至數 10 分的長週期振動稱為副振動(盪漾)，通常振動特徵為：

- ① 形成港池盪漾時，即使波高很小，在波節處會產生很大的流，對船舶航行、繫留等有不良影響。
- ② 造成港池盪漾主要原因有長週期湧浪、暴潮、潮流等。預測會不會發生盪漾，應利用數值模擬或水工模型實驗進行分析，在完成平面配置後，修改配置非常困難，應於規劃階段即加以考量。



如上圖，灣口正對外海的矩形港池存在，由於港澳岸壁處的水粒子只能作上下運動，形成如圖所示重複波，波形 ζ 可以下式表示

$$\zeta = a \cos kx \sin \sigma t$$

座標原點在灣澳靜水面，灣口在 $x = \ell$ 處，波振幅 ζ_1 與灣澳處振幅 ζ_0 比稱為振幅增幅率，可以下式表示

$$\frac{\zeta_0}{\zeta_1} = \frac{\ell}{\cos k\ell}$$

若波為長波

$$\cos k\ell = 0$$

即

$$\frac{1}{2}(2m+1)\pi = k\ell = \frac{2\pi\ell}{L}$$

即

$$T = \frac{4\ell}{(2m+1)\sqrt{gh}}$$

的條件被滿足時，振幅增幅率會變得非常大，產生共振。由上式，可計算矩形港池自然振動頻率， $m=0$ 時最容易發生共振。

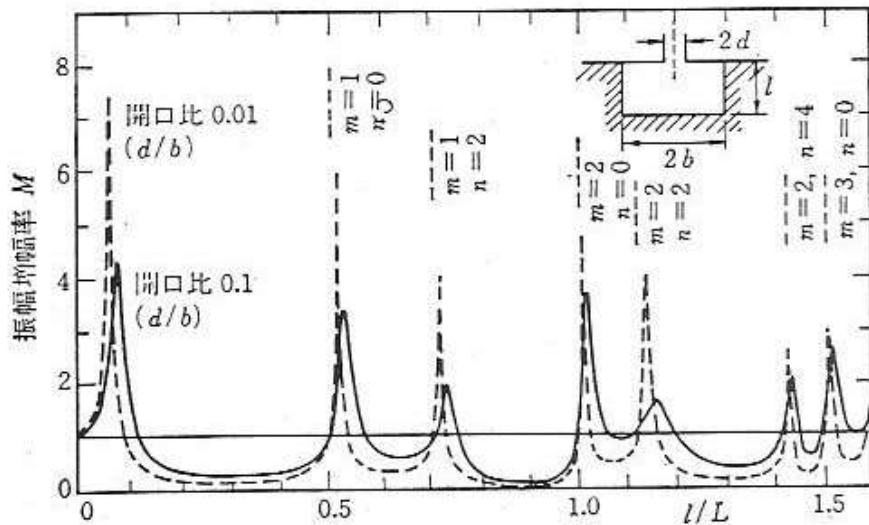
上述現象發生於當灣澳為振動波腹，灣口為波節的情況。但是如圖，從外海入射的波，瞬間波峰線，若以實線表示，進行方向以黑色箭頭表示，到達灣內的波繼續向灣內進行，但灣外的波會受海岸線反射影響，向外海進行，在灣口隅角處會形成散射波，呈弧形向外進行，即呈繞射現象，因此在灣口不一定會形成波節，共振週期必須作下列修正

$$T = \alpha \frac{4\ell}{\sqrt{gh}}$$

α 為灣口修正係數，對灣寬為 b ，灣長為 ℓ 的矩形灣可以下式計算。

$$\alpha = \left\{ 1 + \frac{2b}{\pi\ell} \left(0.9228 - \ln \frac{\pi b}{4\ell} \right) \right\}^{1/2}$$

下圖為合田的波高增幅率圖，波長以表面波計算，由圖可知，開口比較小時，灣澳處增幅率增大。通常認為灣口小時，波浪比較難進入灣內，灣振動應較小才對，但是實際上由於波進來難者出去也難，若波作用時間長，波能逐漸增加灣內水面呈不穩定，開口越小越嚴重，此現象稱為港灣矛盾(harbor paradox)。不過實際上，在開口處會有摩擦損失，灣內也會發生碎波，所以此矛盾實際不會發生。



(5) 設計潮位

計畫潮位對結構物而言是最危險的潮位，由潮汐或暴潮、海嘯等異常潮位的實測值或推算值(HWL+偏差(即氣壓或風變動起因的海面水位變化))，目前主要依下列 2 種方法決定。

- Ⓐ 以過去最高潮位+餘裕。
- Ⓑ 塑望平均高潮位+過去最大潮位偏差。

設計潮位依結構物目的決定，即使相同目的的結構物因設計計算目的不同，可採用不同的設計潮位。

波浪暴潮防制對策設施，因堤頂高是依溯上高及越波量決定，因此以最大潮位作為設計潮位。防波堤因危險可能是發生於較低潮位，安定計算是以此令結構物呈最不安定的潮位作為設計潮位。檢討圓弧滑動時，以安全率最小的潮位作為設計潮位。

(6) 工程用基準面

工程用基準面原則上是以基準水面(海圖基準面)為準，各國有不同標準，應留意。